



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ **Patentschrift**
⑯ **DE 42 19 357 C 2**

⑯ Int. Cl. 5:
H 04 J 1/05
H 04 J 4/00
H 04 B 1/66
H 03 J 5/00

(4)

DE 42 19 357 C 2

⑯ Aktenzeichen: P 42 19 357.5-31
⑯ Anmeldetag: 12. 6. 92
⑯ Offenlegungstag: 21. 1. 93
⑯ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 18. 11. 93

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

13.06.91 US 714493

⑯ Patentinhaber:

Hughes Aircraft Co., Los Angeles, Calif., US

⑯ Vertreter:

Witte, A., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Weller, W., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat.; Gahlert, S., Dipl.-Wirtsch.-Ing.Dr.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 70178 Stuttgart

⑯ Erfinder:

Kelley, Edwin A., Los Angeles, Calif., US

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 31 30 042 A1
US 50 58 107
US 48 84 265

⑯ Digitaler Empfänger für mehrere Simultananhänger und digitales Empfangsverfahren

DE 42 19 357 C 2

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen digitalen Empfänger für mehrere Simultanwender sowie ein digitales Empfangsverfahren für ein Radiofrequenz-Signal mit mehreren gewünschten Teilstreckenbändern.

Die Erfindung betrifft damit digitale Radiofrequenzempfänger, also digitale Empfangssysteme und -methoden zum gleichzeitigen Versorgen mehrerer Anwender.

Konventionelle Autoradiosysteme sind sowohl für Amplitudenumodulation (AM) als auch für Frequenzmodulation (FM) tauglich.

Viele Autos sind außerdem mit zellulären Radios bzw. Mobilfunksystemen sowohl zum Senden als auch zum Empfangen ausgerüstet. Zusätzliche Dienste, die andere Bereiche des elektromagnetischen Spektrums nutzen und entweder gegenwärtig implementiert werden oder von denen erwartet wird, daß sie in der Zukunft implementiert werden, umfassen Fax-Dienste, Computer-Dienste und globale Standortbestimmungssysteme (GPS).

Der Empfang der verschiedenen Dienste wird durch den Wunsch erschwert, mehrere gleichzeitig nutzende Anwender, also mehrere Simultanwender zu versorgen. Zum Beispiel ist es wünschenswert, eine Kapazität für Mobilfunk-Telefongespräche zur Verfügung zu haben, während gleichzeitig das Radio im AM- oder FM-Bereich empfängt und spielt. Es wird ebenfalls erwartet, daß sich verschiedene Anwender zur gleichen Zeit in das Kommunikationssystem einschalten können, wie zum Beispiel durch den jeweiligen Passagieren zugeordnete separate Kopfhörer, wobei jeder Passagier die Möglichkeit hat, seine oder ihre Radiostation zu empfangen, während die anderen Passagiere ihre jeweiligen Stationen hören, das zellulare Telefon nutzen, etc.

Die verschiedenen Radiobänder sind sehr unterschiedlich was ihre Bandbreiten, ihre Modulationstechnik und Bandfunktion angeht. Der konventionelle Ansatz, mehrere Kanäle auf mehreren Bändern zu empfangen, besteht darin, mehrere Empfänger vorzusehen, wobei jedem Band ein getrennter Empfänger zugeordnet ist. Wenn die Möglichkeit der mehrfachen Simultan Nutzung eines einzelnen Bandes gewünscht wird, werden mehrere Empfänger dem einen Band zugeordnet. Jeder zusätzliche Empfänger bringt einen Nachteil in bezug auf die Anforderungen hinsichtlich der Kosten, des Gewichtes, der Leistung und des Platzbedarfes mit sich.

Es wurde erkannt, daß digitale Empfänger einen Weg darstellen, um sehr unterschiedliche Modulationsarten mit einem einzigen Empfängermechanismus zu verarbeiten, was die Notwendigkeit von verschiedenen Empfängertypen für jedes verschiedene Serviceband beseitigt. Da die Kanalwahl-Frequenzabstimmung, Kanalisolierung und Demodulation alle digital verwirklicht werden, wird nur ein einziger digitaler Empfängerpfad für all diese Funktionen benötigt. Das Wechseln zwischen verschiedenen Radioformaten und Bandbreiten wird erreicht, indem einfach Filterkoeffizienten in den digitalen Filtern und die Demodulationsalgorithmen in einem programmierbaren Demodulator geändert werden. Solch ein System ist in der am 5. Januar 1989 eingereichten parallelen US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 07/2 93 894 von Stone et al. beschrieben. Während durch diese Patentanmeldung eine signifikante Reduzierung der Systemkomplexität und der Kosten durch Verwendung gemeinsamer digitaler Berechnung für die verschiedenen Servicebänder erreicht wird, kann das beschriebene System nur einen Anwender zur Zeit ver-

sorgen. Daher wären mehrere Empfänger erforderlich, um mehrere Simultanwender zu versorgen.

Ein anderer digitaler Empfänger ist in dem Artikel von Dieter Baecher in "Society of Automotive Engineers Technical Paper Series", International Congress and Exposition, Detroit, Paper No. 8 61 039, 1986, Seiten 77 – 84 beschrieben. In diesem Artikel wird ein digitaler Empfänger mit Zwischenfrequenz-Abtastung (IF-Abtastung) anstatt mit Radiofrequenz-Abtastung (RF-Abtastung) diskutiert. Der Empfänger verarbeitet nur ein empfangenes Signal zur Zeit; mehrere IF-abgetastete digitale Empfänger wären nötig, um mehrere Signale zu verarbeiten.

Ein digitaler Empfänger, der bestimmte Arten von Mehrfachsignalen gleichzeitig handhaben kann, ist beschrieben in J. Ashjaee, "Ashtech XII GPS Receiver", IEEE International Position Location & Navigation Symposium, 28. November 1988. Dieses System ist jedoch nicht auf übliche Dienste wie FM, AM oder Mobilfunk anwendbar. Es ist für Systeme wie GPS entworfen, in denen alle Kanäle auf derselben Frequenz aber mit unterschiedlichen Codes versehen übertragen werden. Der Empfänger verarbeitet mehrere Signale durch Code-Multiplexing.

In dem US-Patent Nr. 4 884 265 von Schroeder et al. wird ein durch Frequenztrennung gemultiplextes Eingangssignal digitalisiert. Die digitalisierten Werte werden durch Mischen mit Basisband-Frequenzsignalen in der Frequenz umgesetzt, um Real- und Imaginär-Werte zu erhalten, die der Phaseninformation in den ursprünglichen Modulationssignalen entsprechen. Nach der Umsetzung werden die Werte in Real- und Imaginär-Digitalfiltern gefiltert. Die ursprüngliche Modulationsinformation wird dann durch Analyse der Positionen von Vektoren in der komplexen Ebene zurückgewonnen, die durch die Real- und Imaginär-Werte repräsentiert sind. Die Umsetzung wird vorzugsweise durch Multiplizieren der Eingangs-Abtastwerte mit digitalen Werten durchgeführt, welche Sinus- und Cosinuswerten von lokalen Oszillatorenignalen bei Basisbandfrequenzen entsprechen. Die Verwendung einer Vorauswahl-Filterung vor der Umsetzung wird vorgeschlagen, um die Eingangssignale zu dezimieren (ihre Datenrate zu reduzieren) und dadurch die nachfolgenden Verarbeitungsanforderungen zu reduzieren. Obwohl es eine Verbesserung im Aufbau digitaler Empfänger darstellt, löst das beschriebene System das Problem der Handhabung mehrfacher Simultanwender ebenfalls nicht.

Aus der DE-OS 31 30 042 ist weiter eine Vorrichtung für die Einseitenband-Multiplex-Übertragung durch Digitalverarbeitung bekannt.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein digitales Empfangsverfahren und einen digitalen Empfänger zum Empfangen und Verarbeiten von Radiofrequenz-Signalen zu schaffen, das die Nachteile im Stand der Technik beseitigt. Es soll also ein Verfahren bzw. ein Empfänger geschaffen werden, bei dem mehrfacher gleichzeitiger Zugriff auf verschiedene Signalfrequenzen innerhalb des gesamten Signales vorgesehen ist, und zwar entweder innerhalb eines gemeinsamen Servicebandes oder über verschiedene in der Frequenz voneinander getrennte Servicebänder. Weiterhin ist ein relativ preiswerter Aufbau angestrebt, der zudem die mit den bekannten Systemen verbundenen Anforderungen nach Mehrfachkapazitäten vermeidet.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß der digitale Empfänger für mehrere Simultanwender die folgenden Merkmale aufweist:

- Mittel zum Digitalisieren eines Radiofrequenz-Eingangssignales;
- Mittel zum digitalen Abstimmen auf eine Vielzahl von gewünschten Teilstreckenbändern innerhalb des Eingangssignales, so daß die gewünschten Teilstreckenbänder gegeneinander versetzt in einem ausgewählten Frequenzband liegen;
- Mittel zum digitalen Isolieren des ausgewählten Frequenzbandes von dem restlichen Eingangssignal, und
- Mittel zum digitalen Trennen, Demodulieren und Verarbeiten der gewünschten Teilstreckenbänder in dem isolierten Frequenzband, um mehrere Ausgänge aus dem Empfänger bereitzustellen.

Ein digitales Empfangsverfahren für ein Radiofrequenz-Eingangssignal mit mehreren gewünschten Teilstreckenbändern weist erfindungsgemäß die Schritte auf:

- Digitalisieren des Radiofrequenz-Eingangssignales,
- Durchführen von mehreren Frequenzumsetzungen des digitalisierten Radiofrequenz-Eingangssignales, um jedes der gewünschten Teilstreckenbänder in getrennte Bereiche eines ausgewählten Frequenzbandes umzusetzen,
- digitales Filtern des digitalisierten Radiofrequenz-Eingangssignales nach dem Frequenzumsetzen, um das Frequenzband zu isolieren, und
- digitales Trennen, Demodulieren und Verarbeiten der gewünschten Teilstreckenbänder in dem isolierten Frequenzband, um mehrere Ausgänge aus dem Empfänger bereitzustellen.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auf diese Weise vollkommen gelöst. Ein empfangenes Radiofrequenzsignal wird digitalisiert und mittels digitaler Abstimmung mehreren Frequenzumsetzungen unterzogen, so daß jedes aus einer gewünschten Anzahl von Teilstrecken in einen getrennten Bereich eines ausgewählten Frequenzbandes umgesetzt wird. Die Ergebnisse der Frequenzumsetzungen werden zu einem zusammengesetzten Signal innerhalb des ausgewählten Frequenzbandes kombiniert, welches durch ein Zwischenfrequenz-Filter isoliert wird. Die gewünschten Teilstreckenbänder werden dann digital getrennt, demoduliert und im Tonfrequenzbereich weiterverarbeitet (audioprozessiert), um mehrere Ausgänge aus dem einzigen Empfänger zu erzeugen.

Die Frequenzumsetzungen werden vorzugsweise durch Offset-Abstimmung auf die gewünschten Teilstrecken auf einer Zeit-Multiplexbasis bewirkt, wobei die entstehenden gemultiplexten Signale durch Reduzierung der Datenrate kombiniert werden. Die Teilstrecken können entweder durch Zeit-Multiplexing oder durch Abstimmung verschiedener Demodulatorschleifen auf die jeweiligen Teilstrecken separiert werden. Wenn Zeit-Multiplexing angewendet wird, kann ein mehrfaches Filter mit begrenzter Impulsantwort (FIR) verwendet werden, das für jedes zu verarbeitende unterschiedliche Serviceband einen anderen Speicher für FIR-Filterkoeffizienten aufweist. Die Verwendung von mehreren Demodulatorschleifen ermöglicht die Teilstrecken-Trennung und -Demodulation in einem einzigen Schritt, wobei für diesen Zweck phasenstarr verriegelte Kreise (PLL-Kreise) bevorzugt sind.

Das System liefert getrennte gleichzeitige Ausgänge

mit einem eigenen Ausgang für jeden Anwender.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung und der beigefügten Zeichnung.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination sondern auch in anderen Kombinationen und in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorstehenden Erfindung zu verlassen.

10 Die Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine Frequenz-Auftragung eines typischen FM-Spektrums;

15 Fig. 2 eine Frequenz-Auftragung, welche die Lücken zwischen benachbarten FM-Stationen zeigt;

Fig. 3 eine Frequenz-Auftragung, welche die durch ein bei der vorliegenden Erfindung bevorzugtes digitales Zwischenfrequenz-Filter bewirkte Kanalisolation

20 zeigt;

Fig. 4a und 4b Frequenz-Auftragungen, welche die Ergebnisse von Zeit-Multiplexing und Zwischenfrequenz-Filterung eines Radiofrequenz-Eingangssignales bei zwei verschiedenen gemischten Frequenzen F_1 und F_2 zeigen;

25 Fig. 5 eine Frequenz-Auftragung von zwei Teilstreckenbändern F_1 und F_2 , die von dem restlichen Radiofrequenz-Eingangssignal in Übereinstimmung mit der Erfindung isoliert sind;

30 Fig. 6 eine Frequenz-Auftragung von drei gewünschten Teilstreckenbändern bei F_1 , F_2 und F_3 , welche von einem Radiofrequenz-Eingangssignal isoliert sind;

Fig. 7 eine Frequenz-Auftragung eines gespiegelten FM-Spektrums;

35 Fig. 8 ein Blockschaltbild eines bevorzugten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Empfängers;

Fig. 9 ein Blockschaltbild einer in dem Empfänger aus Fig. 8 verwendeten Ausführungsform eines Teilstrecken-Separators;

40 Fig. 10 ein Blockschaltbild eines weiteren Teilstrecken-Separators, der eine Demodulatorfunktion beinhaltet; und

Fig. 11 eine Frequenz-Auftragung, welche die Anwendung der Erfindung auf gleichzeitigen AM- und

45 FM-Empfang zeigt.

Während die Erfindung auf zahlreiche unterschiedliche Arten von Radiofrequenz-Diensten anwendbar ist, wird sie nachstehend überwiegend im Zusammenhang mit FM-Empfang erläutert. Die Erfindung kann jedoch ebenfalls für andere Dienste als solche oder für die Kombination verschiedener Typen von Diensten mit mehrfachem Simultanempfang verwendet werden.

Fig. 1 zeigt eine Frequenz-Auftragung von drei gewünschten Stations-Teilstrecken, die innerhalb eines typischen FM-Spektrums um Frequenzen F_1 , F_2 und F_3 angeordnet sind. Frequenzmodulation verwendet ein Sendeband von 87,9 – 107,9 MHz mit 200 KHz Bandbreite für die Stationsteilstrecken und 400 KHz Abstand zwischen den Stationen. Benachbarte Stationsbereiche

50 sind voneinander durch Frequenzlücken getrennt. Wenn eine zugeordnete Stationsfrequenz in einem bestimmten Gebiet nicht von einer täglichen Station besetzt ist, gibt es zwischen den Stationen auf der jeweiligen Seite eine zusätzliche Lücke. Solche zusätzlichen Lücken sind rechts von den Frequenzen F_1 und F_3 sowie links von F_2 dargestellt. Die Situation ist in Fig. 2 vergrößert dargestellt, wobei drei aktive Stationsteilstrecken 2, 4 und 6 über der Frequenz aufgetragen sind. Die

Maximalamplitude jeder Station belegt etwa 150 KHz, während die Bandbreite an ihren Basen jeweils 200 KHz beträgt. Die Stationen 2 und 4 belegen unmittelbar benachbarte Stationsbereiche, während die Stationen 4 und 6 durch einen zwischenliegenden unbesetzten Stationsbereich voneinander getrennt sind. Damit gibt es ein ungenutztes Band von ungefähr 200 KHz zwischen den Stationen 2 und 4 sowie ein ungenutztes Band von ungefähr 600 KHz zwischen den Stationen 4 und 6. Die Erfindung macht Gebrauch von diesen leeren Bändern, um für einen mehrfachen gleichzeitigen Empfangsdienst von verschiedenen Frequenzen zu sorgen.

Mit der Hilfe dieser ungenutzten Bänder gruppieren die Erfindung verschiedene gewünschte Stations-Teilbänder zusammen, isoliert sie von dem restlichen Radiofrequenz-Eingangssignal, separiert die isolierten Stationssignale, demoduliert sie und führt eine Weiterverarbeitung im Tonfrequenzbereich durch, so daß sie für mehrere Anwenderdienste verfügbar sind. Der bevorzugte Weg zum Erzielen der gewünschten Teilband-Gruppierung und -Isolierung verwendet eine Modifikation eines digitalen Zwischenfrequenz-Empfängers, wie er in Zusammenhang mit einem Einzelstationsempfänger in der obenerwähnten US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 07/2 93 894 von Stone offenbart ist. Gemäß dieser Anmeldung spricht ein komplexer digitaler Mischer auf ein empfangenes digitales Radiofrequenz-Eingangssignal an, um ein gewünschtes Stations-Teilband auszugeben, das um die Null-Frequenz angeordnet ist. Dieser Ausgang wird von einem digitalen Tiefpassfilter weiterverarbeitet, welches die gewünschten gefilterten Teilbänder isoliert. Ein mit dem gefilterten Teilband beaufschlagter komplexer digitaler Mischer setzt dann den ausgewählten Kanal auf eine vorbestimmte Zwischenfrequenz um.

Die Ergebnisse dieses Filtervorganges sind in Fig. 3 dargestellt. Eine FM-Station 8 ist mit schraffierten Linien dargestellt, während die durch das Zwischenfrequenz-Filter bewirkte Kanalisolation durch eine Hüllkurve 10 angedeutet ist, welche das Teilband 8 von dem Rest des empfangenen Signales trennt.

Die Erfindung macht Gebrauch von diesem Filtertyp, um nicht ein sondern mehrere gewünschte Teilfrequenzbänder zu isolieren. Dies wird vorzugsweise auf einer Zeit-Multiplex-Basis bewirkt, wobei die verschiedenen Teilbänder anfänglich voneinander in der Zeit getrennt sind, aber die Erfindung könnte genauso gut durchgeführt werden, indem parallele Stationsisolationspfade vorgesehen werden, wobei jeder Pfad einem bestimmten gewünschten Teilband zugeordnet ist. Obwohl die in der obengenannten US-Patentanmeldung 07/2 93 894 von Stone offenbare Technik bevorzugt wird, können auch andere Wege zum Gruppieren gewünschter Teilbänder und zu deren Isolation von dem Rest des empfangenen Signals gegangen werden.

Die Fig. 4a und 4b illustrieren den gegenwärtigen Zeit-Multiplexing-Ansatz zum Gruppieren und Isolieren gewünschter Stationsteilbänder; diese Teilbänder werden in der Regel ursprünglich voneinander getrennt in verschiedenen Bereichen des FM-Spektrums vorliegen. Zu einem ersten Zeitpunkt t_1 wird der Empfänger auf das um F_1 zentrierte erste gewünschte Teilband abgestimmt. Dies bewirkt, daß das empfangene Signal in der Frequenz umgesetzt wird, so daß F_1 um Null zentriert wird. Nach dem Filtern ist dieses Teilband von dem Rest des empfangenen Signals durch eine Isolationshüllkurve I_1 (Fig. 4a) isoliert. In dem nächsten Zeitpunkt t_2 ist der Empfänger auf F_2 abgestimmt. Hier-

durch wird das empfangene Signal so umgesetzt, daß F_2 und dessen Teilband um Null zentriert sind; nach dem Filtern sind diese Frequenzen von dem Rest des Signales durch eine Isolationshüllkurve I_2 (Fig. 4b) isoliert. Sind mehr Teilbänder gewünscht, so wird das System jeweils auf deren Mittenfrequenzen abgestimmt, wenn der Multiplexing-Vorgang weitergeht. Andernfalls erfolgt die Abstimmung oszillierend zwischen den Frequenzen F_1 und F_2 .

Wenn die beiden isolierten Teilbänder um F_1 und F_2 einander überlagert werden, werden sie überlappen und interferieren. Es wird nun angenommen, daß das System nicht unmittelbar auf F_1 und F_2 sondern auf die entgegengesetzten Kanten ihrer entsprechenden Teilbänder ($F_1 - 100$ KHz und $F_2 + 100$ KHz) abgestimmt wird. Hierdurch wird F_1 auf +100 KHz und F_2 auf -100 KHz umgesetzt. Wenn die Teilbänder dann kombiniert werden, erscheinen sie wie in Fig. 5 dargestellt, das F_1 -Teilband befindet sich unmittelbar rechts von Null und das F_2 -Teilband unmittelbar links davon. Durch derartige Abstimmung des Zwischenfrequenz-Filters, daß es eine Isolationshüllkurve $I_{1,2}$ erzeugt, welche 400 KHz umfaßt, können die F_1 - und F_2 -Teilbänder von anderen Stationen 12 in dem Eingangssignal isoliert werden. Auf dieser Theorie basiert die vorliegende Erfindung. Im Ergebnis wird die Station F_1 in ein ungenutztes Band neben der Station F_2 umgesetzt und umgekehrt.

Dieses Konzept kann auf drei Stationen ausgedehnt werden, wie es in Fig. 6 gezeigt ist. In dieser Konfiguration sind drei gewünschte Stationen, die um die jeweiligen Mittenfrequenzen F_1 , F_2 und F_3 angeordnet sind, in getrennte Abschnitte einer gemeinsamen Isolationshüllkurve $I_{1,2,3}$ umgesetzt. Diese Isolationscharakteristik wird durch ein dreifach breites Zwischenfrequenz-Filter erreicht. Der digitale Mixer wird über Zeit-Multiplexing so abgestimmt, daß F_1 auf Null, F_2 auf -200 KHz und F_3 auf +200 KHz gemischt wird.

Diese Drei-Stationen-Technik ist nur möglich, wenn es eine doppelte Lücke (freien Stationsbereich) neben jeder der beiden Stationen gibt, welche in die äußeren Bereiche der Isolationshüllkurve umgesetzt werden. Die doppelte Lücke kann jedoch auf jeder Seite der beiden Stationen liegen. Wenn beide Lücken auf derselben Seite liegen, kann die gespiegelte Station so gemischt werden, daß die Lücke umgesetzt wird. Eine Auftragung eines negativen FM-Spiegelfrequenzspektrums, welches das Spiegelbild des positiven FM-Frequenzspektrums aus Fig. 1 ist, mit den Lücken auf den gegenüberliegenden Seiten des in Fig. 1 gezeigten positiven Bildes, ist in Fig. 7 wiedergegeben.

Eine absolute doppelte Lücke ist für das dreifache Signalmischen nicht erforderlich. Es reicht aus, wenn die Leistung einer Station neben der gewünschten Station ungefähr 6-10 dB geringer ist als die der gewünschten Station. Wie durch das FM-Fangverhältnis bestimmt, wird der FM-Demodulator die Signale mit geringer Leistung größtenteils abschwächen, so daß sie im Ergebnis vernachlässigt werden können. Lücken an gewünschten Frequenzstellen können im Ergebnis dadurch "erzeugt" werden, daß das gesamte FM-Band abgeschwächt wird, so daß die schwache Station an der gewünschten Lücken-Stelle von dem FM-Fangverhältnis erfaßt wird. Im digitalen Bereich wird die Abschwächung dadurch bewirkt, daß die digitalen Bits der jeweiligen Station zu niederwertigen Bitstellen verschoben werden. Diese Abschwächungstechnik ist auf FM und digitale Modulationsdienste anwendbar, aber nicht auf AM.

Ein bevorzugtes System zur Ausübung der Erfindung

ist in Fig. 8 dargestellt. Eine Antenne 14 empfängt die Radiofrequenz-Rundfunksignale; diese kann als Ansammlung von getrennten Antennen ausgelegt sein, wenn der gleichzeitige Mehrfachempfang von verschiedenen Servicebändern gewünscht ist. Die empfangenen Radiofrequenz-Signale werden durch einen Analog-Digital-Wandler (ADC) 16 in digitales Format konvertiert. Die von AM, FM und Zellulärradio überstrichene volle Bandbreite (0,540–895 MHz) ist im allgemeinen zu groß, um von einem einzelnen Analog-Digital-Wandler gegenwärtiger Bauart verarbeitet zu werden. In einer parallelen Anmeldung mit dem Titel "digitale Multi-band-Empfangsvorrichtung und digitales Multiband-Empfangsverfahren mit Bandbreitenreduktion" (entsprechend der US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 7 14 494) ist jedoch eine Umsetzung der Servicebänder vorgeschlagen, so daß sie benachbarte Abschnitte des Spektrums einnehmen. Wenn die in der erwähnten parallelen Patentanmeldung vorgeschlagene Serviceband-Umsetzungstechnik verwendet wird, kann für alle drei Servicebänder ein einziger Analog-Digital-Wandler verwendet werden. Andernfalls kann für jedes Serviceband ein getrennter Analog-Digital-Wandler vorgesehen werden.

Die Abtastrate der Analog-Digital-Wandler hängt davon ab, ob

- a) Basisband- oder Durchlaßband-Abtastung verwendet wird, sowie
- b) von der Bandbreite der Signalinformation und/oder der maximalen Signalfrequenz und schließlich
- c) von dem Aliasing-Bild-Bereich.

Basisband-Abtastung erfordert eine Abtastrate, die wenigstens zweimal so hoch ist wie die höchste Augenblicksfrequenz, die in dem abzutastenden Signal enthalten ist. Bandpaß-Abtastung erlaubt eine Abtastrate, welche geringer ist als die Frequenz der unteren Bandkante, so lange die Abtastrate wenigstens zweimal so groß ist wie die Bandbreite des Radiofrequenz-Signales. Weitere Informationen über bevorzugte Abtastraten sind in der parallelen Anmeldung von Stone et al. zu finden.

Multiuser-Stationswahl wird durch eine Mehrfach-Simultan-Abstimmleinrichtung ermöglicht, welche aus einem modifizierten programmierbaren unmittelbaren digitalen Frequenzsynthesizer besteht. Die Abstimmleinrichtung (der Tuner) liefert Mischfrequenzsignale auf einer Zeit-Multiplex-Basis zu einem komplexen Multiplizierer 18, wo sie mit dem digitalisierten Signal von dem Analog-Digital-Wandler 16 gemischt werden, um das Signalspektrum wie in Zusammenhang mit den Fig. 4a–5 beschrieben umzusetzen. Der Tuner umfaßt Stationswahleinrichtungen 20a, 20b für jeden Anwender, um seine oder ihre gewünschte AM- oder FM-Station auszuwählen; eine Stationswahl kann auch auf einen anderen Dienst, wie zum Beispiel Mobilfunk, gerichtet sein. Für jeden unterschiedlichen Anwender ist eine eigene Stationswahl vorgesehen; ein Mechanismus für zwei Anwender ist in Fig. 8 dargestellt.

Die ausgewählten Stations-Teilbänder werden durch digitale Offset-Generatoren 22a und 22b gegenüber ihrer Mittenfrequenzen versetzt, wie dies in Fig. 5 illustriert ist. Wenn mehr als zwei Stationen gleichzeitig gewünscht sind, wird zunächst durch Hochgeschwindigkeitsabtastung über der FM-Bandbreite mit einem Abtaster 24 eine Lücke lokalisiert, die groß genug ist, um die gewünschte Anzahl von ausgewählten Stationen

aufzunehmen. Die ausgewählten Teilband-Frequenzen werden dann, bezogen auf die Mitte der lokalisierten Lücke, versetzt oder verschoben. Wenn nur zwei gleichzeitige Stationen gewünscht werden, kann die Kante einer der beiden als die Mittenmischfrequenz verwendet werden, weil auf jeder Seite einer Station wenigstens eine einzige Frequenzlücke vorhanden ist.

Für jede ausgewählte Station sind jeweilige Phaseninkrementoren 26a, 26b als Zwischenspeicher eingerichtet und erzeugen eine Treppenfunktion von Phasenwerten, welche eine Rampe approximieren, und zwar bei Frequenzen, die bestimmt sind durch die anwendbaren Phaseninkremente der offset-ausgewählten Stationsfrequenzen. Um Kohärenz zwischen den verschiedenen Frequenzen zu bewahren, wird die Phasenakkumulation für jede einzelne in einem getrennten Zwischenspeicher durchgeführt. Die Register und Zwischenspeicher für die Phaseninkremente erfordern jedoch nur einen geringen zusätzlichen Schaltungsaufwand.

Die Ausgänge der Phaseninkrement-Zwischenspeicher 26a, 26b werden durch einen Multiplexer 28 in der Zeit gemultiplext, was die Signale auf einer einzelnen Leitung in der Zeit verschachtelt. Der Ausgang des Multiplexers 28 wird einem Sinus/Kosinus-Lesespicher (ROM) 30 zugeführt, der eine Codierung speichert, welche die in den Zwischenspeichern 26a, 26b akkumulierten Werte in digitalisierte Sinus- und Kosinus-Ausgangswerte übersetzt, welche die Real- und Imaginärkomponenten der digitalen synthetisierten Frequenz darstellen. Die Ausgangs-Sinuswellen haben vorzugsweise eine Genauigkeit von ungefähr 14 Bit, was ungefähr 2^{16} Eintragungen in dem Lesespicher erfordert. Die abgetasteten digitalen Sinus- und Kosinus-Ausgangswerte haben dieselben Frequenzen wie die Offset-Trägerfrequenzen der abzustimmenden ausgewählten Stationen. Der Lesespicher mit der Sinus/Kosinus-Nachschlagtabelle ist bei einer höheren Frequenz getaktet als die Phaseninkrementoren, um mehrere Frequenzwörter zu generieren. Werden beispielsweise zwei Phaseninkrementoren verwendet, die jeweils mit einer Rate von 10 MHz getaktet werden, so beträgt die Abtastrate, mit welcher der Sinus/Kosinus-Lesespicher 30 adressiert wird, 20 MHz.

Der Ausgang des Sinus/Kosinus-Lesespichers 30 wird dem komplexen Multiplizierer 18 zugeführt, wo er mit dem digitalisierten Eingangssignal von dem Analog-Digital-Wandler 16 gemischt wird. Hierbei wird komplexes Mischen verwendet, weil dies es erlaubt, das gesamte Spektrum in eine Richtung zu verschieben, was einen Unterschied zu dem "Real-Mischen" (d. h. wo nur eine Multiplikation verwendet wird) ausmacht, welches zu Störungen hervorrufenden überlappenden Bildern führen kann. Bekanntermaßen erzeugt reales Mischen vier Bilder der ursprünglichen positiven und negativen Spektralbilder.

Die in der Zeit gemultiplexten komplexen Ausgänge des komplexen digitalen Mischers (Multiplizierers) 18 werden in einem Dezimierer 32 zu einem zusammengesetzten Signal kombiniert, wobei der Dezimierer oder Reduzierer 32 die Datenrate um einen Faktor reduziert, welcher der Anzahl von unterschiedlichen, gleichzeitig ausgewählten Stationen entspricht. In dem vorliegenden Beispiel mit zwei gleichzeitigen Stationen reduziert der Dezimierer 32 die Datenrate im Verhältnis 2:1.

Das zusammengesetzte Signal wird dann in einem digitalen Tiefpaßfilter 34 verarbeitet, das vorzugsweise von dem in der Stone et al. Patentanmeldung beschriebenen Typ ist. Der Ausgang dieses Filters entspricht

dem in Fig. 5 gezeigten isolierten Zwischenfrequenzsignal, in welchem nur die gewünschten Stations-Teilbänder innerhalb der Isolationshüllkurve $I_{1,2}$ vorzufinden sind. Die beiden Stations-Teilbänder werden dann in einem Signalseparator 36 getrennt. Eine Anzahl verschiedener Ausführungen dieser Funktion können verwendet werden und werden weiter unten ausführlich diskutiert.

Die separierten Stations-Teilbänder werden dann demoduliert und im Tonfrequenzbereich weiterverarbeitet. Vorzugsweise wird ein einziger digitaler Signalprozessor (DSP) für alle Stationen verwendet. Der Signalprozessor TMS320C30 von Texas Instruments ist für diese Zwecke geeignet. Die für die FM-Demodulation und die Verarbeitung im Tonfrequenzbereich (einschließlich Stereodecodierung) verwendete Signalprozessor-Software erfordert weniger als 10 000 000 Befehle pro Sekunde (MIPS), wobei der TMS320C30 DSP ungefähr 33 MIPS ausführen kann. Es können also bis zu drei getrennte Stationen gemeinsam verarbeitet werden.

Das digitale Verarbeitungssystem stromabwärts von dem Signalseparator 36 besteht aus digitalen Demodulatoren 38a, 38b, welche die Trägersignale von ihren entsprechenden dezimierten Eingängen entfernen, aus Stereodecodern 40a, 40b, welche für jede getrennte Station das linke und das rechte Stereosignal trennen, aus digitalen Audioprozessoren 42a, 42b, welche die Signale mit Funktionen wie Klangkontrolle, Volumenkontrolle, etc. versehen, sowie aus Digital-Analog-Wandlern (DAC) 44a, 44b, welche die prozessierten digitalen Signale in analoge Form konvertieren; die Digital-Analog-Wandler können als Teil der Audioprozessor-Funktion angesehen werden. Nach entsprechender Verstärkung (nicht gezeigt) werden die Analogsignale weitergeleitet, um entsprechende Lautsprecher 46a, 46b oder andere gewünschte Ausgabegeräte zu betreiben.

Die Funktionen digitale Demodulation, Stereodecodierung und Audioprozessierung sind für einen einzelnen Kanal üblich und zum Beispiel in dem eingangs erwähnten Artikel von Dieter Baecher diskutiert. Durch zeitliches Verschacheln seines Durchsatzes (Time-Sharing-Betrieb) arbeitet der programmierbare DSP unabhängig auf dem Datenstrom für jede ausgewählte Station. Auf diese Weise kann ein einziger Prozessor verwendet werden, um gleichzeitig eine Anzahl von bestimmten Stationen zu demodulieren, decodieren und im Tonfrequenzbereich zu prozessieren. Wenn die mehreren Signalfäde in dem programmierbaren DSP zu verschiedenen Servicebändern gehören, sind für jedes Band unterschiedliche Demodulationsalgorithmen erforderlich. Wenn nur ein einziges Serviceband empfangen wird, so wie das FM-Band, kann ein gemeinsamer Algorithmus für jede ausgewählte Station verwendet werden.

Fig. 9 illustriert einen Ansatz zum Implementieren der Signal-Trenn-Funktion 36. Der Zwischenfrequenz-Ausgang des Filters 34 wird einem komplexen Multiplizierer 48 zugeführt. In diesem Ausführungsbeispiel wird die endgültige Stationstrennung erreicht durch Abstimmung auf jede der vielen Stationen und durch Bilden eines Kanal-Isolationsfilters. Abstimmung wird durch Zeit-Multiplexing in einer Art ähnlich zu der Abstimmung erzielt, die anfangs verwendet wird, um die ausgewählten Stations-Teilbänder als Eingang für das Zwischenfrequenz-Filter 34 aus Fig. 8 herzurichten. Die Ausgänge von Phaseninkrementoren 50a, 50b, welche auf die gewünschten Stations-Teilbänder eingestellt

sind, werden durch einen Multiplexer 52 in der Zeit gemultiplext und verwendet, um entsprechende zeitgemultiplexte digitale Abstimmungssignale aus einem Sinus/Kosinus-Lesespicher 54 zu generieren. Diese Signale werden dann in dem komplexen Multiplizierer 48 mit dem Eingangs-Zwischenfrequenzsignal gemischt.

Der komplexe Ausgang des komplexen digitalen Mixers (Multiplizierers) 48 wird einem anderen komplexen Multiplizierer 56 zugeführt, welcher Teil eines FIR-Filters ist. Dieses Filter dient als Bandpaßfilter für jedes der gemultiplexten Servicebänder. Separate FIR-Lesespicher 58a, 58b speichern FIR-Koeffizienten für jedes getrennte Serviceband. Wenn nur ein einziges Serviceband verwendet wird, wie wenn alle Anwender auf verschiedene FM-Stationen abgestimmt sind, ist nur ein einziger FIR-Lesespicher mit FM-Koeffizienten erforderlich. Die Anzahl der Koeffizienten pro Lesespicher wird entsprechend der ursprünglichen Abtastrate in der End-Datenrate variiert, aber in der Regel in dem Bereich von ungefähr 20 – 200 liegen.

Die FIR-Lesespicher werden in einer Zeit-Multiplex-Weise von einem Multiplexer 60 adressiert. Die digitalen Zwischenfrequenzsignale werden in dem komplexen Multiplizierer 56 mit den FIR-Lesespicher-Koeffizienten multipliziert. Die Ergebnisse dieser Multiplikation werden mittels eines Demultiplexers 62 in getrennte Datenströme für jede ausgewählte Station getrennt und entsprechenden Zwischenspeichern 64a, 64b für jede ausgewählte Station zugeführt. Jedes aufeinanderfolgende Eingangsdatum zu dem komplexen Multiplizierer 56 wird mit einem aufeinanderfolgenden Koeffizienten für sein entsprechendes Serviceband multipliziert, wobei die Zwischenspeicher 64a, 64b für jede ausgewählte Station die Multiplikationsergebnisse für das entsprechende Eingangssignal aufaddieren. Bezogen auf die Abtastrate ihrer Zwischenfrequenz-Eingangssignale ist der Datenrateausgang der Akkumulatoren so um einen Faktor reduziert, welcher der Anzahl der FIR-Koeffizienten entspricht. Die Akkumulatorenäusgänge repräsentieren die getrennten Signale für die ausgewählten Stationen, welche dann der Demodulation zugeführt werden.

Die Signalabtastrate an dem Ausgang des Zwischenfrequenz-Filters 34 wird gegenüber der von dem Radiotrennzeingang um einen Faktor in der Größenordnung von 1000:1 reduziert, was zu einer Zwischenfrequenz-Abtastrate führt, die in der Regel ungefähr einige hundert KHz beträgt. Bei dieser relativ niedrigen Abtastrate ist es möglich, den Tuner/Filter aus Fig. 9 in Software zu implementieren.

Ein alternativer Ansatz zur Signalseparation, welcher die Signalseparation mit der Demodulation kombiniert, ist in Fig. 10 gezeigt. Dieses System verwendet eine digitale phasenstarr verriegelte (PLL-) Schleife, wobei die Schleifenbandbreite sowohl zur Kanalisolation als auch zur Demodulation verwendet wird. Digitale tangens-verriegelte Schleifen könnten statt phasenstarr verriegelter Schleifen verwendet werden. Das in Fig. 10 gezeigte System ist nur für FM-Dienste anwendbar. Wenn andere Servicebänder gleichzeitig verarbeitet werden, würden sie getrennte Demodulatoren verlangen.

Eine separate Schleife ist vorgesehen, um jedes Teilband einer ausgewählten FM-Station zu separieren und demodulieren. Die erste Schleife umfaßt einen numerisch kontrollierten Oszillator 66a, welcher auf die Frequenz der ersten ausgewählten Station eingestellt ist. Der numerisch kontrollierte Oszillator 66a umfaßt einen

Phaseninkrementor 68a und einen Sinus/Kosinus-Lese-
speicher 70a, dessen Ausgang in einem komplexen Mu-
ltiplizierer 72a mit dem Zwischenfrequenz-Eingangssi-
gnal multipliziert wird. Das resultierende Signal der aus-
gewählten Station wird dann in einem FIR-Filter 74a
weiterverarbeitet. Dieses Filter umfaßt einen FIR-Lese-
speicher 76a, welcher FM-Koeffizienten enthält, einen
komplexen Multiplizierer 78a, welcher die Stationssi-
gnale von dem numerisch kontrollierten Oszillator mit
den FIR-Lesespeicher-Koeffizienten multipliziert, so
wie einen Zwischen speicher 80a, welcher die Ergebnisse
der Multiplikation akkumuliert. Der demodulierte Sta-
tionsausgang des Zwischen speichers 80a kann direkt
dem Stereodecoder 40a (Fig. 8) zugeführt werden.

Wie bereits erwähnt, ist im Falle von zwei gleichzeitig
ausgewählten Stationen das Stationseingangssignal zu
dem phasenstarr verriegelten Kreis um 100 KHz ver-
setzt. Wenn drei Stationen gleichzeitig ausgewählt sind,
betragen die entsprechenden Offset-Werte +200 KHz,
-200 KHz und null. Durch einen Addierer 82a wird
eine kompensierende Offset-Frequenz eingeführt, wobei
der Addierer 62a den Ausgang des Zwischen spei-
chers 80a empfängt und diesen zusammen mit der ad-
dier ten kompensierenden Offset-Frequenz zu dem Pha-
seninkrementor 68a des numerisch kontrollierten Oszil-
lators 66a liefert.

Eine ähnliche phasenstarr verriegelte Schleife ist für
jede zusätzliche Station vorgesehen, für die gleichzeiti-
ger Empfang gewünscht ist. Eine derartige zweite
Schleife ist in Fig. 10 angedeutet. Um die Elemente zu
identifizieren, welche dieselben sind, wie in der ersten
Schleife, sind gleiche Bezugszeichen verwendet, aller-
dings mit dem Zusatz "b". In der zweiten Schleife ist der
100-KHz-Offset negativ zu dem Offset aus der ersten
Schleife. Wie bei dem Tuner/Filter-Ansatz aus Fig. 9
erlaubt die relativ niedrige Zwischenfrequenz-Datenra-
te es auch hier, den Separator/Demodulator aus Fig. 10
vollständig in Software zu implementieren.

Falls gleichzeitig AM- und FM-Empfang gewünscht
wird, ist ein getrennter AM-Demodulator erforderlich.
AM-Stationen sind viel dichter längs des Radiofre-
quenz-Spektrums angeordnet als FM-Stationen. Dies
kann zu der in Fig. 11 dargestellten Situation führen, bei
welcher eine gewünschte FM-Station 84 auf die rechte
Seite eines von einem Filter isolierten Wellenbandes 86
umgesetzt wurde, wobei das der FM-Station benach-
barte ungenutzte Band auf der gegenüberliegenden Sei-
te des Isolationsbandes liegt. Während jedoch nur eine
einige FM-Stationen in das Isolationsband 86 hineinpaßt,
können mehrere AM-Stationen 88 darin aufgenommen
werden, wenn eine gewünschte AM-Station auf die lin-
ke Seite des Isolationsbandes frequenzmäßig umgesetzt
wird. Um diese Situation zu handhaben, kann ein ge-
trennter Tuner/Filter verwendet werden, um die ge-
wünschte AM-Station von den anderen AM-Stationen
in dem Bereich des ungenutzten FM-Bandes zu trennen.
Die AM-Stationen 88, welche das FM-Stationsband 84
überlagern, wirken ähnlich wie einzelne Klänge in dem
FM-Demodulator und werden in der Regel während der
FM-Demodulation unterdrückt.

Patentansprüche

1. Digitaler Empfänger für mehrere Simultan-
wender, mit:
– Mitteln (16) zum Digitalisieren eines Radio-
frequenz-Eingangssignales,
– Mitteln (18–32) zum digitalen Abstimmen

auf eine Vielzahl von gewünschten Teilstre-
quenzbändern (2–8) innerhalb des Eingangssi-
gnales, so daß die gewünschten Teilstre-
quenzbänder (2–8) gegeneinander versetzt in einem
ausgewählten Frequenzband liegen,

- Mitteln (34) zum digitalen Isolieren des aus-
gewählten Frequenzbandes von dem restli-
chen Eingangssignal, und
- Mitteln (36–44) zum digitalen Trennen
(36), Demodulieren (38) und Verarbeiten (40,
42, 44) der gewünschten Teilstre-
quenzbänder (2–8) in dem isolierten Frequenzband, um
mehrere Ausgänge aus dem Empfänger bereit-
zustellen.

2. Digitaler Empfänger nach Anspruch 1, dadurch
gekennzeichnet, daß das ausgewählte Frequenz-
band im wesentlichen andere Anteile des Eingangs-
signales ausschließt.

3. Digitaler Empfänger nach Anspruch 1, dadurch
gekennzeichnet, daß die Mittel (18–32) zum digita-
len Abstimmen die gewünschten Teilstre-
quenzbänder auf einer Zeit-Multiplex-Basis abstimmen.

4. Digitaler Empfänger nach Anspruch 1, dadurch
gekennzeichnet, daß die Mittel (36) zum digitalen
Trennen der gewünschten Teilstre-
quenzbänder Mittel (56, 58, 60) zum Zeitmultiplexen der Teilstre-
quenzbänder umfassen.

5. Digitaler Empfänger nach Anspruch 1, dadurch
gekennzeichnet, daß die Mittel (36–44; 66–82)
zum Trennen und Demodulieren der gewünschten
Teilstre-
quenzbänder mehrere Demodulatorschlei-
fen (66, 74, 82) und Mittel (66) zum Abstimmen
einer jeden Schleife auf ein jeweils gewünschtes
Teilstre-
quenzband innerhalb des ausgewählten Fre-
quenzbandes umfassen.

6. Digitaler Empfänger nach Anspruch 1, dadurch
gekennzeichnet, daß die Mittel (34) zum digitalen
Isolieren des ausgewählten Frequenzbandes ein di-
gitales Zwischenfrequenzfilter (34) umfassen.

7. Digitaler Empfänger nach einem der vorherge-
henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
die Mittel (18–32) zum digitalen Abstimmen Mittel
(18–30) zum Durchführen mehrerer Frequenzum-
setzungen des Eingangssignales in ein ausgewähltes
Frequenzband umfassen, so daß für jede Umset-
zung ein jeweils gewünschtes Teilstre-
quenzband (2–8) des Eingangssignales auf dem ausgewählten
Frequenzband zu liegen kommt.

8. Digitales Empfangsverfahren für ein Radiofre-
quenz-Eingangssignal mit mehreren gewünschten
Teilstre-
quenzbereichen (2–8), mit den Schritten:

- Digitalisieren (16) des Radiofrequenz-Ein-
gangssignales,
- Durchführen (18–32) von mehreren Fre-
quenzumsetzungen des digitalisierten Radio-
frequenz-Eingangssignales, um jedes der ge-
wünschten Teilstre-
quenzbänder (2–8) in ge-
trennte Bereiche eines ausgewählten Fre-
quenzbandes umzusetzen,
- digitales Filtern (34) des digitalisierten Ra-
diofrequenz-Eingangssignales nach den Fre-
quenzumsetzungen, um das Frequenzband zu
isolieren, und
- digitales Trennen (36), Demodulieren (38)
und Verarbeiten (40, 42) der gewünschten Teilstre-
quenzbänder in dem isolierten ausgewählten
Frequenzband, um mehrere Ausgänge aus
dem Empfänger zu erzeugen.

9. Digitales Empfangsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ergebnisse der Frequenzumsetzungen zusammengefügt werden, um vor dem digitalen Filtern ein zusammengesetztes, ausgewähltes Frequenzband zu bilden. 5

10. Digitales Empfangsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mehrfachen Frequenzumsetzungen auf einer Zeit-Multiplex-Basis durchgeführt werden.

11. Digitales Empfangsverfahren nach Anspruch 8, 10 dadurch gekennzeichnet, daß für jede der Frequenzumsetzungen das ausgewählte Frequenzband im wesentlichen nur von einem jeweils gewünschten Teilstfrequenzband besetzt ist.

12. Digitales Empfangsverfahren nach Anspruch 8, 15 dadurch gekennzeichnet, daß ungewünschte Frequenzkomponenten des Radiofrequenz-Eingangssignales sowie ein gewünschtes Teilstfrequenzband in das ausgewählte Frequenzband umgesetzt werden, wobei der Schritt der Trennung des Teilstfrequenzbandes den Schritt der digitalen Abstimmung 20 auf das gewünschte Teilstfrequenzband innerhalb des ausgewählten Frequenzbandes ohne die ungewünschten Frequenzkomponenten umfaßt.

13. Digitales Empfangsverfahren nach Anspruch 8, 25 dadurch gekennzeichnet, daß die gewünschten Teilstfrequenzbänder durch Zeit-Multiplexing getrennt werden.

14. Digitales Empfangsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die gewünschten 30 Teilstfrequenzbänder durch Verarbeitung des isolierten ausgewählten Frequenzbandes in mehreren, auf jeweils gewünschte Teilstfrequenzbänder abgestimmte Demodulatorschleifen getrennt und demoduliert werden. 35

15. Digitales Empfangsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das digitalisierte Radiofrequenz-Eingangssignal während des Schrittes der digitalen Filterung auf eine Zwischenfrequenz-ebene reduziert wird. 40

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

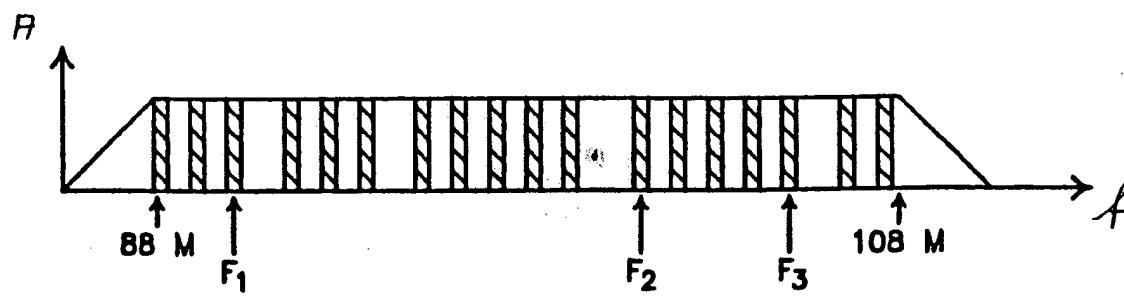


Fig.1

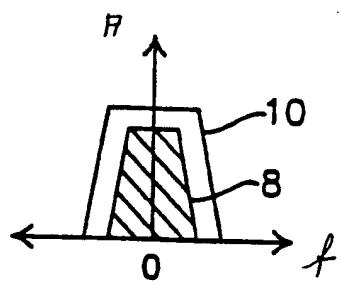
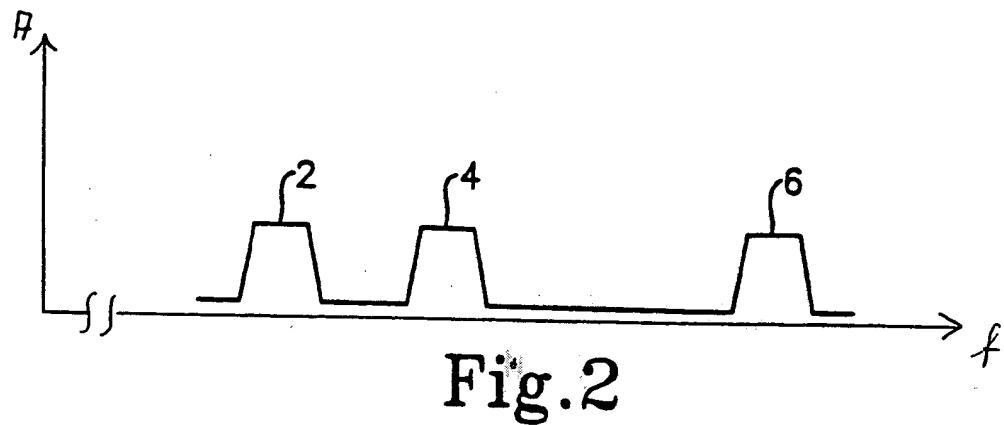


Fig.3

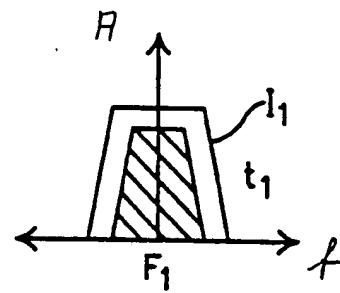


Fig.4a

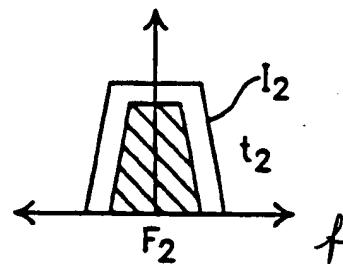


Fig.4b

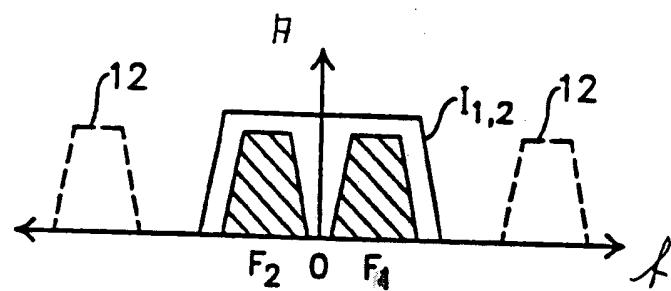


Fig.5

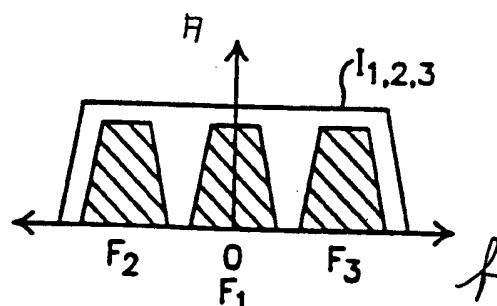
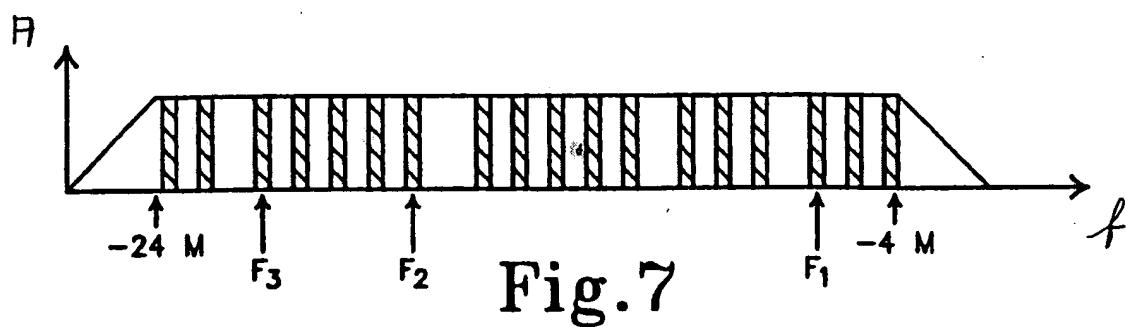
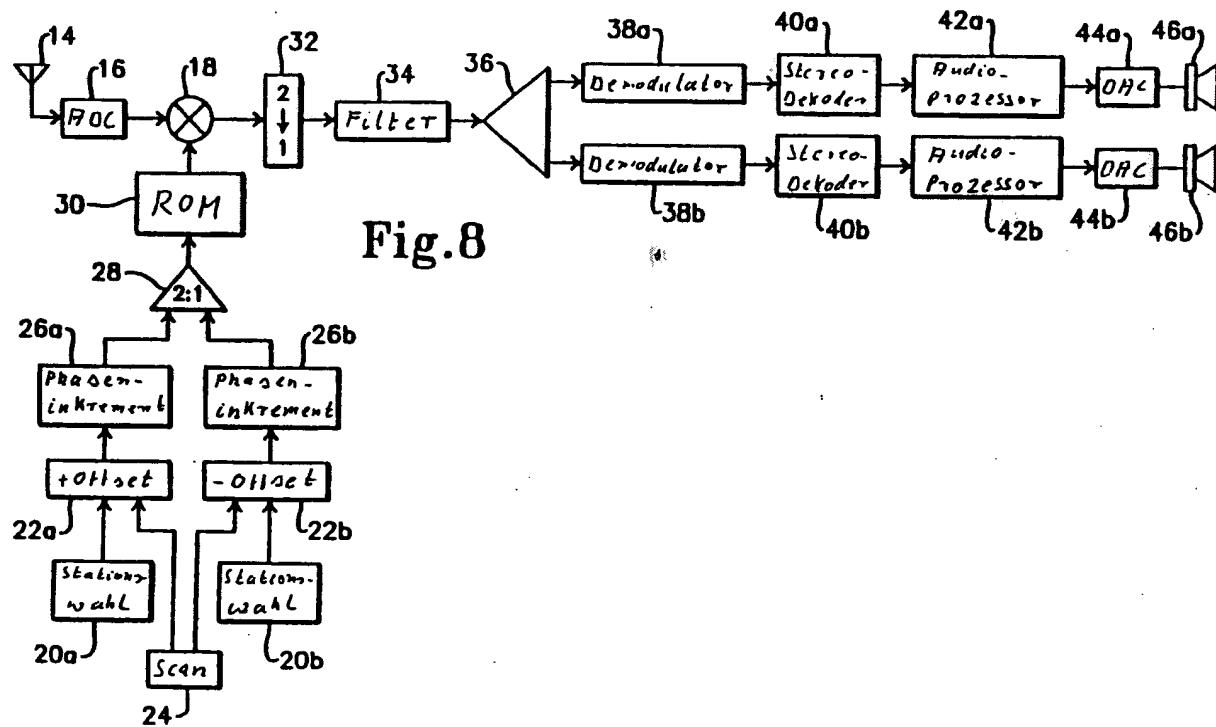


Fig.6





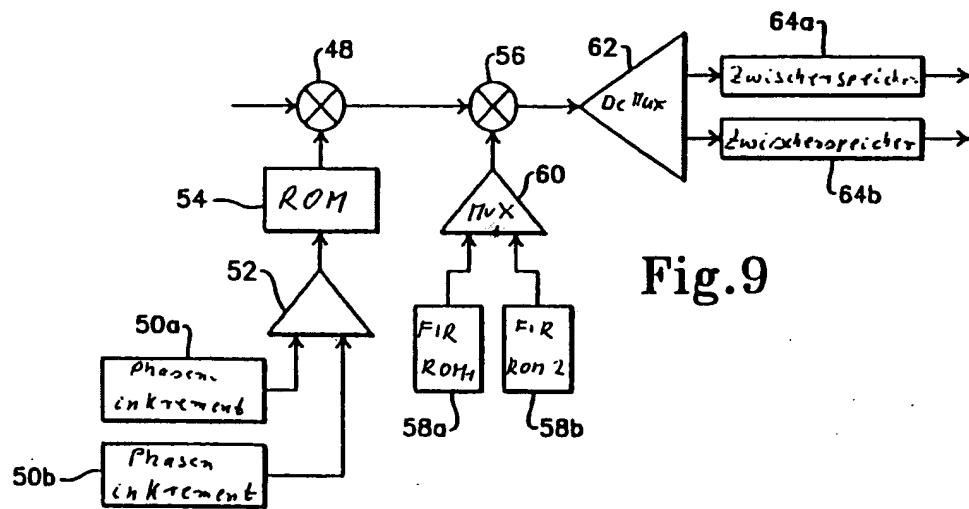


Fig.9

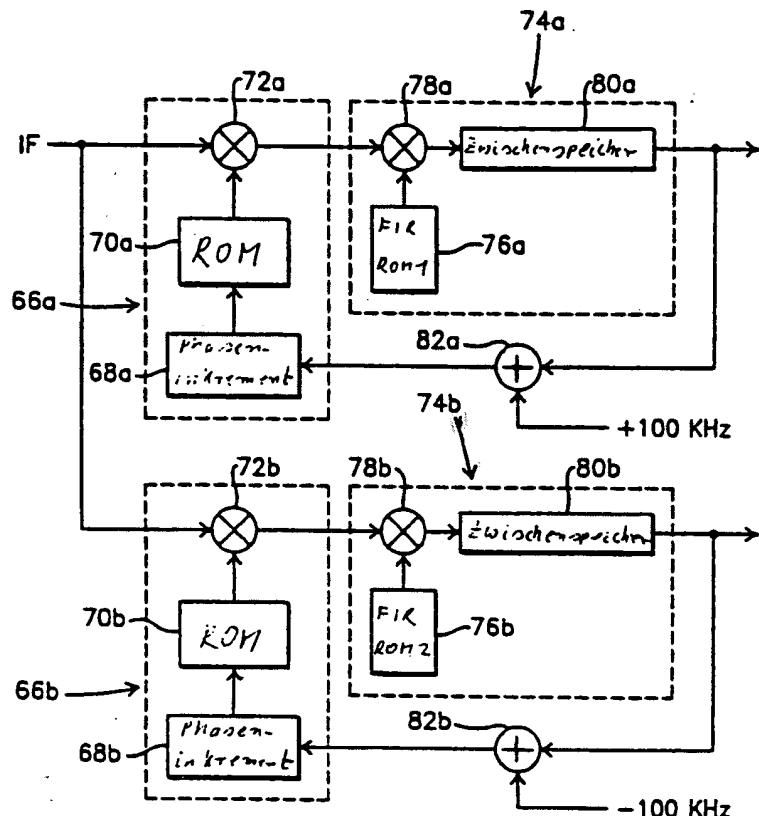


Fig.10

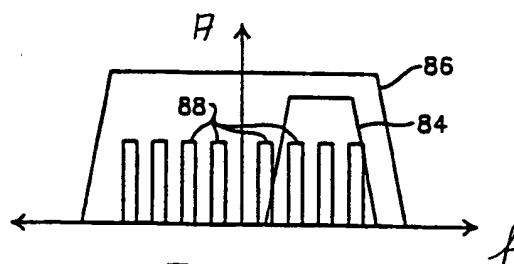


Fig. 11

DOCKET NO: 62L-10197

SERIAL NO: 10/008,774

APPLICANT: Dötsch et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100 308 146/308